云 南 植 物 研 究 1991；13（1）：59—64
Acta Botanica Yunnanica

ISSN 0253-2700
CN 53-1039

云南松林的生物量研究

党承林　　吴兆录

（云南大学生态学与地植物学研究所，昆明650091）

摘要　本文研究了云南省易门县海拔1600—1700m的云南松中幼龄林分的生物量。云南松林的生物量随林龄的增加而增加。4年生林分的总生物量为9.985吨/公顷，11年生林分为27.874吨/公顷，23年生林分为69.852吨/公顷。乔木层的器官生物量分配比例随林龄而变化。针叶和树皮的分配比例随林龄的增加而迅速下降；干材和根的比例则不断上升，其中以干材增加最快；树枝的分配比例以11年生林分最大，23年生林分次之，4年生林分最小。

关键词　云南松；生物量

STUDIES ON THE BIOMASS OF PINUS YUNNANENSIS FOREST

DAN Cheng-Lin, WU Zhao-Liu

(*Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University*, Kunming 650091)

Abstract *Pinus yunnanensis*, as an important species of silvicultural and commercial tree, is a kind of special coniferous tree widely distributed in the southwestern part of China. It grows rapidly, and is able to endure poor and dry soil. In this paper, the biomass of natural middle-young stands of *Pinus yunnanensis* in Yimen county of the central part of Yunnan province at elavations 1600—1700 m have been studied. Authors investigated three stands in the district. Their stand age is 4-year, 11-year and 23-year respectively.

1. The total amount of middle-young stands of *Pinus yunnanensis* increases with increasing stand age. The total amount of biomass in the 4-year-old stand is 9.985 t/ha, 11-year-old stand 27.874 t/ha, 23-year-old stand 69.852 t/ha.

The biomass rate of tree layers in different layers of three stands increase rapidly with increasing stand age, but shrub and herb layers decrease constantly.

2. The relative distribution of pine organic biomass of tree layers in three stands varies with stand age. The biomass of needle and stem bark decrease with increasing stand age, but stem wood and root increase with stand age increasing. The percentage of branch of pine tree in the 11-year-old stand is the greatest, the 23-year-old stand as second, and the 4-year-old stand the smallest.

Key words *Pinus yunnanensis*, Biomass

1989年10月收稿，1990年1月定稿。

八十年代初以来，我国科学工作者先后测定了杉木林、油松林、侧柏林、马尾松林、云杉林、樟子松林和某些阔叶林的生物量或净第一性生产量[1－7]。但是有关云南松林的生物量或净第一性生产量的详细研究很少报道。云南松是我国西南地区特有的树种，也是云南省主要的用材和造林树种之一。云南松以云南高原为分布中心，它具有适应性广，生长较快，天然更新能力强等特点。

调查地区易门县属中亚热带季风气候，平均气温15.9℃，冬暖夏凉；年降水量817.4 mm，干湿季分明。样地设置于大龙口风景区海拔1600—1700 m的低山上。云南松林是这一地区的主要植被类型之一，且多为1962年前后砍伐后天然更新起来的中幼龄林。林下土壤为山地红壤，土层较深厚，约1 m左右。

为了探索云南松林在不同生长发育阶段的生物量和净第一性生产量的动态，在中幼龄林中按林龄大小选取样地3块：4年生林，其面积为200 m^2；11年生林，面积为400 m^2；23年生林，面积为1000 m^2。本文主要讨论云南松中幼龄林的生物量及其变化趋势，其净第一性生产量另文报道。

生物量的测定

1.乔木层 根据样地内的每木调查资料，按径阶选择标准木10—14株，伐倒后实测地上部分各器官鲜重。地下部分（即根颈和根系）采用全挖法，将根全部挖出，除净泥土石砾，称取鲜重。采集各器官样品，烘干并折算出样木各器官的生物量。

2.灌木层 在样地内机械设置2 m × 2 m样方10块，按种类分别割倒称重，取样烘干折算成单位面积（公顷）上的生物量。

3.草本层 在灌木的调查样方中，分别选取1 m × 1 m小样方10个，按草本植物种类割倒称重，取样烘干折算成单位面积（公顷）上的生物量。

云南松林的生物量及其分布规律

1.总生物量及其层次分布

由表1可以看出，不同林龄云南松林分的总生物量随林龄的增加而迅速上升，23年生林分的总生物量约为4年生林分的7倍、11年生林分的2.5倍。

表1 三个林分的总生物量和层次分布（吨/公顷）

Table 1 The total amount of biomass in three stands of *Pinus yunnanensis* forest (t/ha).

林龄(年) Stand age (year)	乔木层 Tree layer		灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer		总计 Total	
	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%
4	4.635	46.4	2.755	27.6	2.594	26.0	9.984	100
11	25.828	92.7	0.271	1.0	1.775	6.3	27.874	100
23	67.243	96.3	0.577	0.8	2.032	2.9	69.852	100

各林分总生物量的层次分布也是随林龄的增加而变化的。乔木层的分配比例上升很快，草本层和灌木层的比例则迅速下降。4年生林分的乔木层比例仅占1/2以下，11年生林分和23年生林分则各占92.7%和96.3%；4年生林分的灌木层和草本层的比例各占1/4以上，11年生林分各占1.0%和6.3%，23年生林分各占0.8%和2.9%。

2.乔木层器官的生物量及其分布

乔木层生物量的优化回归模型　乔木层的生物量是通过建立样木优化模型而推算出来的。然而，建立云南松样木优化模型的关键是选择适当的自变量。因此，在建立回归模型之前，应对测树因子与样木器官的相关性进行分析，选取与样木器官相关性最紧密的测树因子作为模型的自变量[3]。

计算结果表明，4年生林分的干材重、树枝重、针叶重、地上部分重和总生物量与树高(H)的相关性最好（$P<0.001$），相关系数在0.9108—0.9858之间。其次是基径平方乘树高(bD^2H)；基径除与根重较紧密外，与其它器官的相关性均较差。

11年生林分的样木所有器官与胸径平方乘树高(D^2H)的相关性最好（$P<0.001$），相关系数在0.9137—0.9921之间；与胸径(D)的相关性次之，与树高(H)最差。

对23年生林分来说，胸径平方乘树高(D^2H)与干材重、树枝重、根重、地上部分重和总生物量之间的关系最密切，相关系数为0.9791—0.9883。但胸径与树皮重和针叶重的相关性又较D^2H紧密，树高与样木器官生物量的相关性较差。

无论是4年生还是11年生，或23年生林分，其干材重、树皮重、树枝重、根重、地上部分重和总生物量之间的相关关系都十分密切。

根据上述测树因子与样木器官之间的相关性分析，4年生林分的优化回归模型主要选取树高作为自变量，根重则选基径，11年生和23年生林分以胸径平方乘高(D^2H)为自变量，个别器官用胸径。

根据相关分析选定的自变量，以样木器官的生物量（干重）为因变量，采用线性回归、指数回归、对数回归、幂函数回归等进行计算，再按相关系数的大小选取优化回归模型。云南松中幼龄林的样木器官优化回归模型见表2。

由表2可见，处于不同年龄阶段的云南松中幼龄林，其样木器官生物量优化模型类型有很大差别。4年生林分的样木器官生物量以幂函数回归拟合最好；11年生林分除针叶重为直线回归外，其余器官均为双曲线回归；23年生林分的样木器官生物量优化模型比较复杂，除以幂函数回归为主外，尚有直线回归（针叶重）和双曲线回归(根重)。这反映了云南松中幼龄林的器官生物量在不同年龄阶段上的分配差异。

乔木层器官的生物量及其分布规律　由表2的样木器官生物量优化回归模型，直接推算出各样地所有立木的生物量，将其生物量之和折算成单位面积上的重量(吨/公顷)，即为乔木层的生物量。结果见表3。

不同林龄林分的乔木层生物量在器官中的分配比例是不一样的。在4年生林分中，以针叶的分配比例最大，占2/5以上，各器官生物量的比例大小顺序为：针叶＞干材＞树皮＞根＞树枝。11年生林分的干材生物量分配比例最大，约占1/3，各器官的比例大小顺序为：干材＞针叶＞树枝＞根＞树皮＞球果。23年生林分亦以干材的比例最大，占1/2以上，各器官生物量的比例大小顺序为：干材＞根＞树枝＞树皮＞针叶。显而易见，随

着林分的林龄增加，乔木层的生物量分配由针叶转到以干材为主。

表2　三个林分乔木层样木器官生物量的优化回归模型

Table 2 Optimum regression model of the different organic biomass in the sample trees of tree layer in three stands of *Pinus yunnanensis* forest.

林龄（年） Stand age(year)	器官 Organ	回归方程式 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	剩余标准差 Surplus of standard deviation
4	干材 Stem wood	$W_S=0.021\ H^{1.738}$	0.9743***	0.2868
	树皮 Stem bark	$W_B=0.0705\,H^{1.451}$	0.9858***	0.1752
	树枝 Branch	$W_{Br}=0.000093\ H^{2.7404}$	0.9293***	0.7509
	针叶 Needle	$W_L=0.3037\ H^{1.321}$	0.9341***	0.3601
	根 Root	$W_R=0.9941\ (bD)^{2.844}$	0.9360***	0.4008
11	干材 Stem wood	$W_S=\frac{D^2H}{0.2951\,D^2H+20.3106}$	0.9667***	0.1743
	树皮 Stem bark	$W_B=\frac{D^2H}{0.4960\,D^2H+68.2403}$	0.9744***	0.5101
	树枝 Branch	$W_{Br}=\frac{D^2H}{0.1784(D^2H)+86.2093}$	0.9891***	0.4302
	针叶 Needle	$W_L=0.0452+0.0086(D^2H)$	0.9917***	0.1969
	根 Root	$W_R=\frac{D^2H}{0.2703\ (D^2H)\ +110.4367}$	0.9884***	0.5680
23	干材 Stem wood	$W_S=0.0105(D^2H)^{1.0652}$	0.9872***	0.3363
	树皮 Stem bark	$W_B=0.043(D^2H)^{0.6628}$	0.9652***	0.3516
	树枝 Branch	$W_{Br}=0.8775+0.0043(D^2H)$	0.9791***	2.6412
	针叶 Needle	$W_L=0.033(DH)^{0.9352}$	0.9672***	0.4808
	根 Root	$W_R=\frac{D}{-0.5572D+9.3745}$	0.9923***	0.1409

Note: *** $P<0.001$, H: Height of tree. bD: diameter at base of Stem. D: diameter at breast height.

另外，随林龄的变化，乔木层各器官的生物量分配比例也表现出一定的规律。干材和根的生物量分配比例随林龄而上升，但干材的比例上升尤其快。4年生林分的干材比例占1/5以下，11年生林分约占1/3，而23年生林分占1/2以上。根的分配比例上升比较缓慢，23年生林分也只占1/5以下。

针叶和树皮的生物量分配比例随林龄的增加而下降。针叶的分配比例以4年生林分最大，占2/5以上；11年生林分的针叶比例为1/5，比前者减少了近一半；23年林分的针叶比例是所有器官中最小的一个，仅占5.8%。显然，随林龄的增加，针叶的比例下降相当快。相对针叶而言，树皮的比例下降比较慢。4年生林分的树皮比例约占1/5，但23年生林分仍占1/10。树皮分配比例下降的主要原因之一是在树木的生长过程中，由于树干

林分的一部分老树皮不断脱落而造成的。

树枝的生物量分配比例以11年生林分为最高，23年生林分比11年生林分略有下降，4年生林分最小。

乔木层各器官生物量之间的关系　表4是各林分乔木层的器官生物量之间的比值。

树干与树冠的比值以4年生林分为最小，即树冠大而树干小；11年生林分的树干与树冠几乎相等；23年生林分的比值最大，树干的生物量已达树冠的3倍。这表明随林龄的增加，树干积累的干物质越来越多。

针叶与树枝的比值以4年生林分为最大，针叶的生物量约为树枝的6倍，以后随着林龄的增加而迅速下降。23年生林分的针叶生物量仅为树枝的0.4倍。显然，针叶与树枝之间也是互为消长的。

树干与针叶的比值以及非光合作用系统与光合作用系统的比值均随林龄而上升。4年生林分的这两个比值都最小，说明该林分的针叶或光合作用系统处于优势地位。进入中年期(23年生林分)后，树干或非光合作用系统积累的生物量是针叶或光合作用系统的10余倍，因此这一阶段的针叶或光合作用系统处于十分次要的地位。

3.灌木层的生物量

在三个林分中，灌木层的生物量均以华西石积(*Osteomeles schwerinae*)为优势，其次是铁仔(*Myrsine africana*)、皮袋香(*Michelia yunnanensis*)、斑鸠菊(*Vernonia esculenta*)、老鸦泡(*Vaccinium fragile*)、牛筋条(*Dichotomanthus tristaniaecarpa*)等。在灌木层中，除灌木种类外，还有一些乔木树种的幼苗或幼树，为方便起见，也计入灌木层。常见的种类有黄毛青冈(*Cyclobalanopsis delavayi*)、滇青冈(*C. glaucoides*)、球花石楠(*Photinia glomerata*)等，在林分中常占有较大的比例。一般说来，4年生幼林的灌木层比较发达，种类亦丰富，其生物量占整个林分生物量的27.6%。以后随着林龄的增加，上层郁闭度增大，灌木层中的种类和数量大幅度减少，其生物量仅占林分总生物量的1.0%左右（表1）。

表3　三个林分乔木层器官的生物量（吨/公顷）

Table 3　The different organic biomass of tree layer in three stands of *Pinus yunnanensis* forest (t/ha).

林龄(年) Stand age (year)	平均树高(米) Average height (m)	密度(株/公顷) Density (tree/ha)	干材 Stem wood		树皮 Stem bark		树枝 Branch		针叶 Needle		球果 Cone		根 Root		总计 Total	
			生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%	生物量 Biomass	%
4	0.8	22650	0.871	18.8	0.827	17.9	0.342	7.4	2.016	43.5	0	0	0.576	12.4	4.635	100
11	3.0	4375	7.623	29.5	3.505	13.6	4.873	18.9	5.898	22.8	0.338	1.3	3.590	13.9	25.828	100
23	11.0	1320	34.263	51.0	6.487	9.6	9.657	14.4	3.917	5.8	0	0	12.915	19.2	67.243	100

表4 三个林分乔木层的器官生物量比值

Table 4 Ratio of the different organic biomass of tree layer in three stands of *Pinus yunnanensis* forest.

林龄（年） Stand age (year)	树干与树冠之比 Stem/Crown	针叶与树枝之比 Needle/Branch	树干与针叶之比 Stem/Needle	非光合作用系统与光合作用系统之比 Photosynthetic/Nonphotosynthetic
4	0.72	5.89	0.84	1.30
11	1.03	1.21	1.34	3.38
23	3.00	0.41	10.40	16.17

4.草本层的生物量

草本层的生物量大部分是由禾草类植物构成，主要种类有黄茅(*Heteropogon contortus*)、刺芒野古草(*Arundinella setosa*)、白健秆(*Eulallia pallens*)和黄背草(*Themeda triandra*)。

在不同林龄的林分中，单位面积上的草本层生物量变化并不特别明显（表1）。随着林龄的增加，乔木层生物量的增加相当快，故草本层生物量在林分总生物量中占的比重也随之迅速下降。在4年生林分中，由于云南松树高尚不占优势，草本植物生长茂盛，其生物量占林分总生物量的1/4；而11年生林分的草本层生物量仅占6.3%；23年生林分的草本层生物量约占3%。

结 语

云南松中幼龄林分的总生物量随林龄的增加而增加。4年生林分的总生物量为9.984吨/公顷，11年生林分为27.874吨/公顷，23年生林分为69.852吨/公顷。

林分总生物量的层次分配比例随林龄而变化，乔木层的比例上升最快，灌木层和草木层的比例则迅速下降。

各林分的乔木层器官生物量的分配比例亦随林龄而变化。针叶和树皮的比例随林龄的增加而迅速下降；干材和根的比例则不断上升，但以干材的上升最快。树枝的分配比例以11年生林分为最大，23年生林分次之，4年生林分最小。

致谢 本文完稿后，承云南大学教授姜汉侨先生审阅修改；在野外工作中，得到易门县林业局张智勇等领导的大力支持和协助，法兆燕、杨翠莲和普兆喜工程师参加野外调查。

参 考 文 献

1 冯宗炜，陈楚莹，张家武等．植物生态学与地植物学丛刊 1984；6:257—267

2 陈灵芝，任继凯，鲍显诚等．植物生态学与地植物学丛刊 1984；8:173—181

3 陈灵芝，陈清明，鲍显诚等．植物生态学与地植物学丛刊 1986；10:17—24

4 江洪．植物生态学与地植物学丛刊 1986；10:146—152

5 焦树仁．植物生态学与地植物学丛刊 1985；9:257—265

6 鲍显诚．陈灵芝，陈清明等．植物生态学与地植物学丛刊 1984；8:312—320

7 邱学忠，谢寿昌，荆桂芬．云南植物研究 1984；6:85—92

8 木村允（姜恕等译）．陆地植物群落的生产量测定方法．北京：科学出版社，1981.

9 佐藤大七郎，堤 利夫（聂绍荃等译）．陆地植物群落的物质生产．北京：科学出版社，1986.

10 Satoo T, Forest biomass. Hague/Boston/London: Nijhoff/Dr W. Tunk publishers, 1982.